موج های مکانیکی برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند مثل موج هایی که در سطح آب به وجود می آیند. موج های الکترومغناطیسی برای انتشار نیازی به محیط مادی ندارند مثل نور مرئی، موج های رادیویی و تلویزیونی، پرتو ایکس.

انواع موج ها

محیط کشسان، محیطی است که وقتی در آن تغییر شکلی ایجاد شود، نیروهای کشسان ایجاد شده بین اجزای محیط، تمایل دارند محیط را به حالت اول خود برگردانند. مانند سطح آب، طناب کشیده شده و فنر و ... .

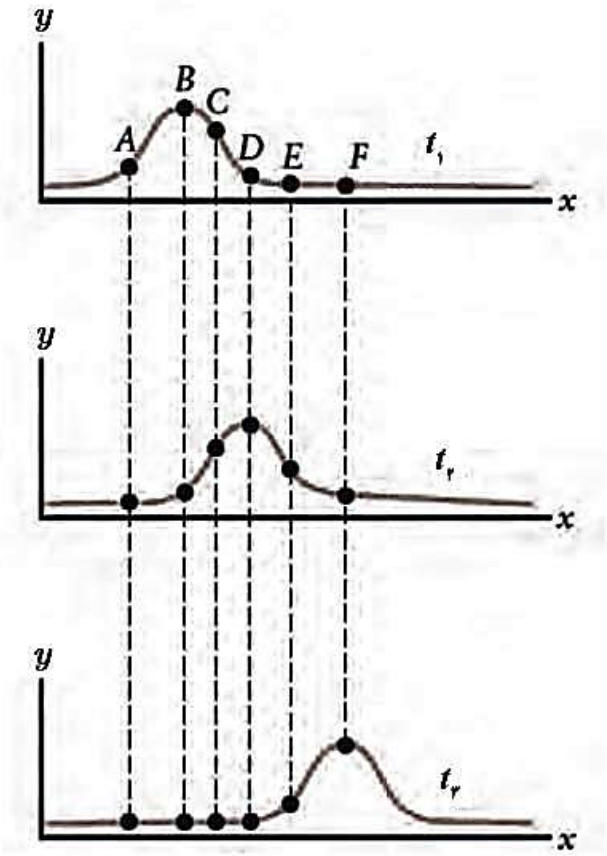
اگر در یک محیط کشسان، ارتعاشی به وجود آید که باعث به وجود آمدن ارتعاش های پی در پی شود ، یک موج مکانیکی به وجود می آید. موج، ارتعاش یا نوسانی است که انرژی را در محیط یا خلاء منتقل می‌کند. موج ها را به دو دسته تقسیم می کنند. موج مکانیکی و موج الکترومغناطیسی. (موج گرانشی نیز پس از اینکه اخیرا شناسایی شد به این دسته بندی اضافه می شود.)

با اینکه منشاء موج های مکانیکی و الکترومغناطیسی متفاوت است، همه آنها مشخصه های یکسانی دارند و رفتار آنها از قواعد کلی امواج پیروی می کنند که در ادامه به بررسی آنها می پردازیم.

فنری را در نظر بگیرید که یک سر آن به دیوار بسته شده است. ما به دو صورت می توانیم در این فنر موج ایجاد کنیم. در حالت اول دست خود را به صورت نوسانی به بالا و پایین و یا به چپ و راست حرکت دهیم که به این موج، موج عرضی می گویند. در حالت دوم دست خود را به صورت نوسانی به جلو و عقب حرکت دهیم که به این موج ، موج طولی می گویند. حرکتی که ما ایجاد می کنیم موجب می شود آشفتگی در فنر ایجاد شود که ما به این تغییر شکل ایجاد شده در محیط کشسان ، تپ می گوییم .

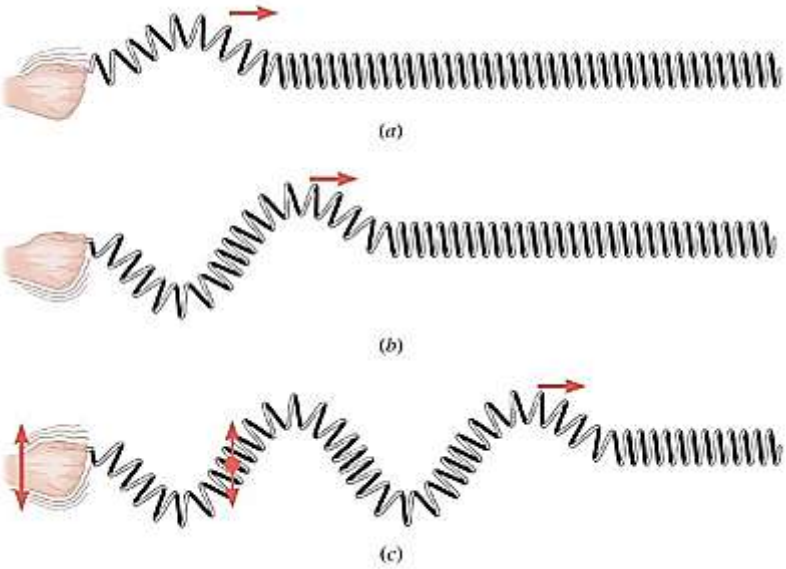
تفاوت تپ و موج

هردوی اینها به آشفتگی در محیط اشاره دارند . اما موج آشفتگی ای پیوسته است، در حالی که تپ یک آشفتگی تنها است . به عنوان مثالی مفهومی نقش یک تپ را در سه زمان مختلف نشان می دهیم. در شکل زیر مشاهده می کنید تپ به طرف راست در حال حرکت است و هنگام حرکت، ذره های طناب را به بالا و پایین به نوسان درمی آورد .نقش تپ هنگام حرکت تغییری نمی کند و هر ذره طناب پس از نوسان به حالت تعادل خود بازمی گردد . در واقع کشش موجود در طناب پس از عبور تپ ، آن را به شکل خط راست بازمی گرداند .

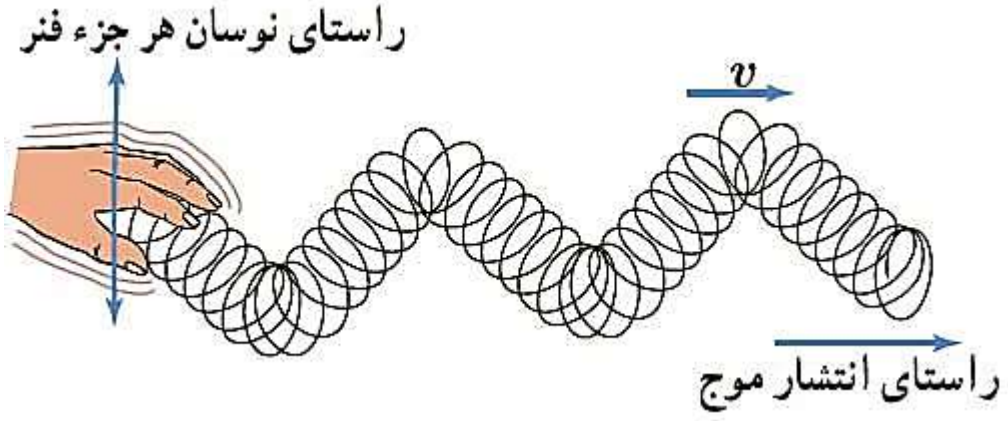


موج عرضی

در موج عرضی، وقتی سر آزاد فنر را مانند شکل ، رو به بالا حرکت کند، بخش مجاور آن نیز از طریق کشش بین این دو بخش شروع به بالا رفتن می کند. وقتی بخش مجاور به بالا حرکت کند، این بخش هم به نوبه خود شروع به بالا کشیدن بخش کناری خود می کند و همین روند مانند شکل زیر ادامه می یابد.

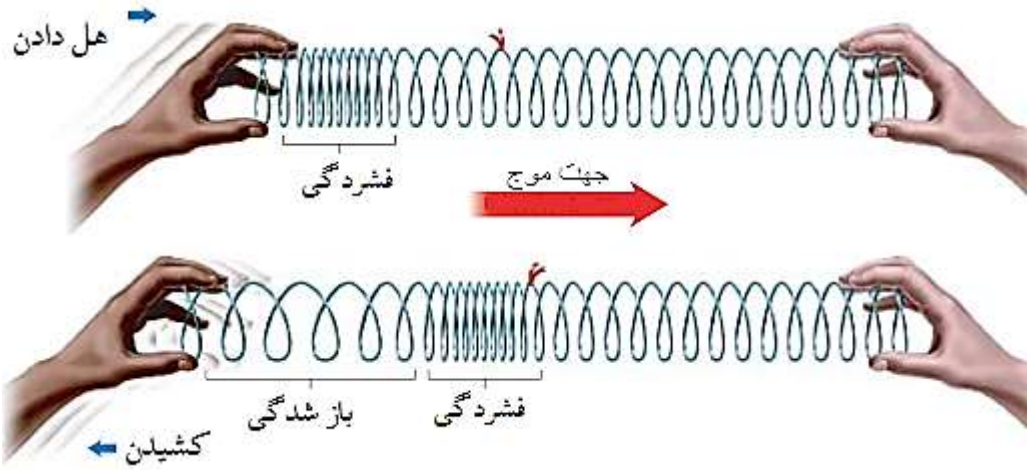


به همین ترتیب آشفتگی ای که در شکل فنر ایجاد می شود با سرعت v در طول فنر حرکت می کند. اگر به حرکت جزئی از فنر که در هنگام عبور موج به بالا و پایین می رود دقت کنید متوجه می شوید که جابجایی هر جزء نوسان کننده ای از فنر، عمود بر جهت حرکت موج است که به آن موج عرضی می گویند.

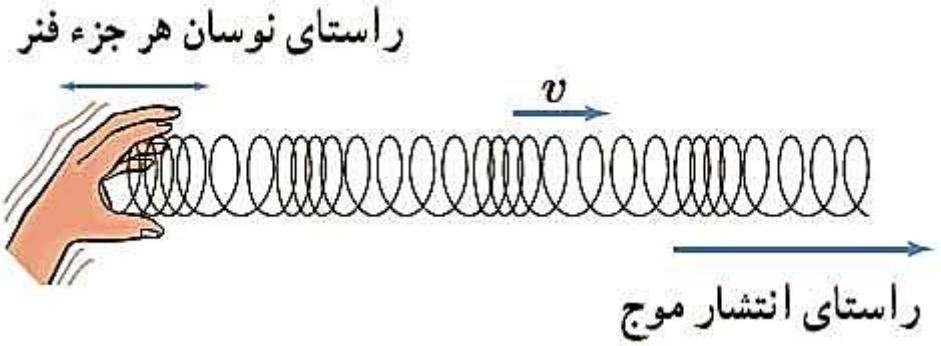


موج طولی

برای ایجاد یک موج طولی، اگر سر فنر را به جای اینکه به بالا و پایین یا چپ و راست حرکت دهیم در طول فنر به سرعت به جلو و عقب حرکت دهیم، یک تپ در طول فنر به راه می افتد. اگر این کار را به صورت مرتب تکرار کنیم، یک موج طولی پیوسته با تندی v در طول فنر به راه می افتد.



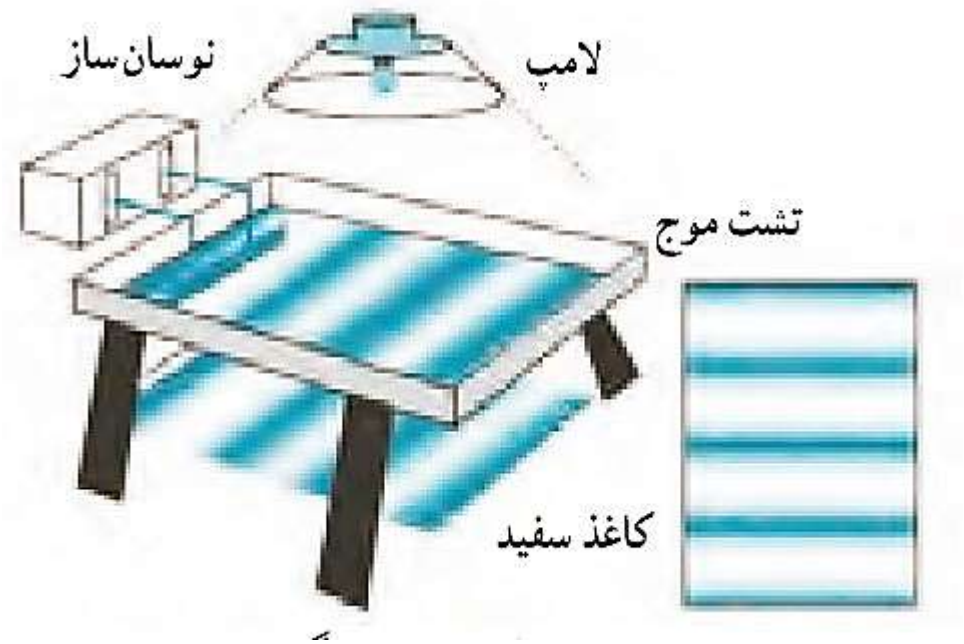
اگر به حرکت جزئی از فنر که در هنگام عبور این موج نوسان می کند دقت کنید متوجه می شوید که جابجایی هر جزء نوسان کننده از فنر در راستای حرکت موج است. به همین دلیل به این موج، موج طولی می گویند.



به موج های عرضی و طولی که تا اینجا بررسی کردیم، موج پیش رونده می گویند. چون هردوی این موج ها از نقطه ای به نقطه دیگر حرکت می کنند و انرژی (انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل کشسانی) را با خود منتقل می کنند. توجه کنید که این موج است که از یک سر به سر دیگر حرکت می کند نه ماده ای که موج در آن حرکت می کند.(یعنی فنر) .به نخ قرمز رنگی که به فنر در شکل بالا بسته شده است توجه کنید. در این فنر موج طولی ایجاد شده است اما این نخ قرمز از جای خود به انتهای فنر نمی رود بلکه در مکان خود به جلو و عقب حرکت می کند. برای ایجاد امواج مکانیکی به یک جسمی که نوسان می کند یا یک چشمه نوسانی نیاز داریم . موج ایجاد شده در محیط به تدریج از این چشمه دور می شود. اگر چشمه به طور هماهنگ ساده نوسان کند، اجزای محیط حول نقطه تعادل خود با همان بسامد چشمه نوسان می کنند.

مشخصه های موج

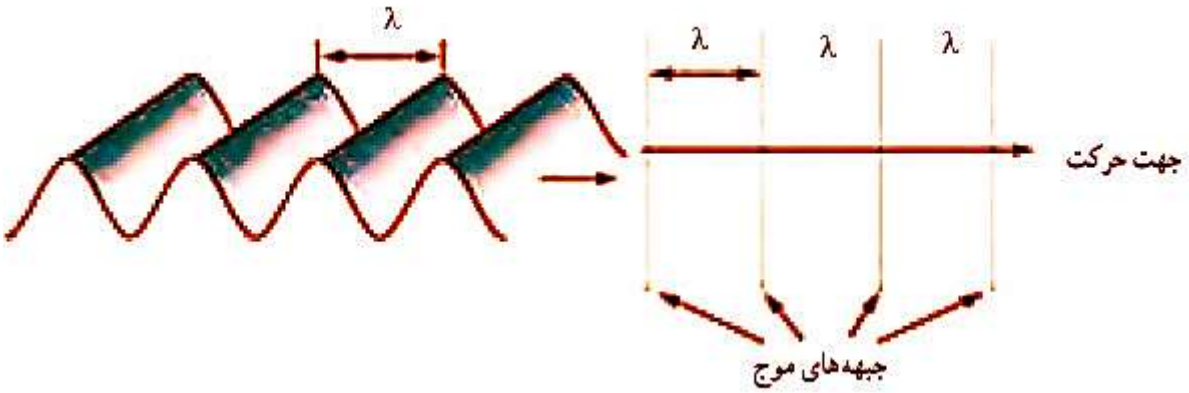
شکل بالا یک تشت موج را نشان می دهد که برای مطالعه برخی از مشخصه های موج از آن استفاده می شود.



این وسیله شامل یک تشت شیشه ای و کم عمق و یک نوسان ساز است . یک راه مشاهده رفتار موج، استفاده از سایه ای است که توسط لامپ از سطح آب داخل تشت بر ورقه کاغذی زیر تشت تشکیل می شود. برآمدگی ها و فرورفتگی های موج روی سطح آب ، در سایه تشکیل شده بر ورقه کاغذ دیده می شود. اگر مانند شکل یک تیغه صاف را بر سطح آب به نوسان درآوریم، موج تختی بر سطح آب تشکیل می شود. اگر به جای تیغه از یک گوی کوچک استفاده کنیم، موج های دایره ه ای ایجاد می شودند که از نقطه تماس با سطح آب شروع به حرکت می کند و مانند شکل زیر در تمام جهت ها از نقطه تماس دور می شوند.

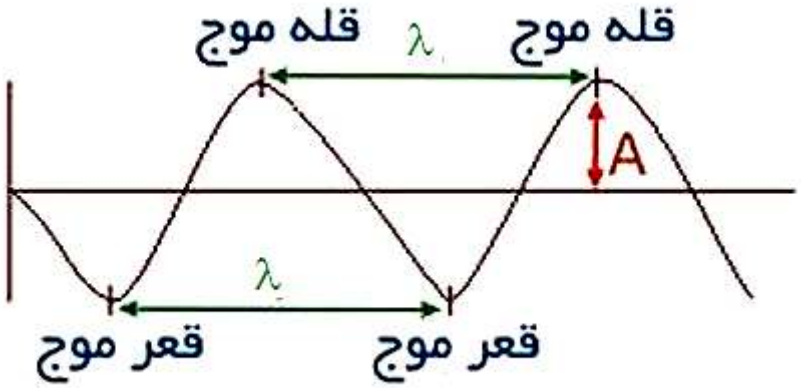
در هر دو حالت موج های دایره ای و موج تخت، به هر کدام از برآمدگی ها یا فرورفتگی های ایجاد شده روی سطح آب، یک جبهه موج می گویند. به برآمدگی های موج، قله و به فرورفتگی های موج، دره یا قعر موج گفته می شود.

مانند شکل زیر، فاصله بین دوبرآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور، طول موج نامیده می شود و آن را با λ نشان می دهند. طول موج λ برابر با مسافتی است که موج در مدت دوره تناوب نوسان چشمه طی می کند.



کمیت های مورد نیاز در بررسی موج

دامنه (A) : بیشینه فاصله یک ذره از مکان تعادل، دامنه موج نامیده می شود که همان فاصله قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.



دوره تناوب (T) : مدت زمانی که هر ذره محیط یک نوسان کامل انجام می دهد دوره تناوب موج نامیده می شود که برابر با با زمانی است که چشمه موج یک نوسان کامل انجام می دهد.

بسامد (f) : تعداد نوسان های انجام شده توسط هر ذره محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده می شود که برابر با بسامد چشمه موج نیز هست.

$$f = \frac{1}{T}$$

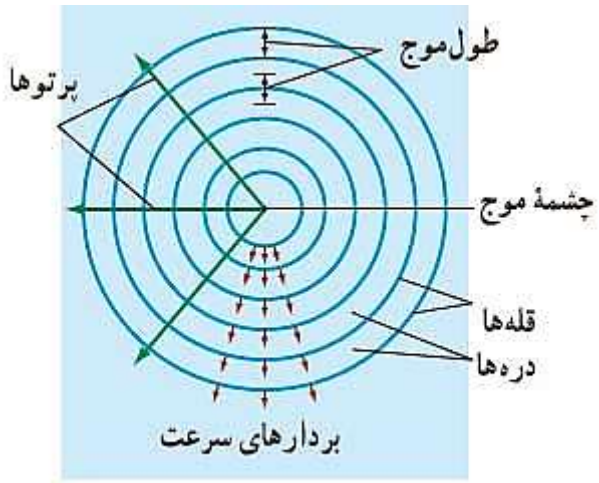
تندی انتشار موج (v) : اگر جبهه موج در مدت Δt مسافت L را طی کند، تندی انتشار موج از رابطه زیر به دست می آید. از آنجا که طول موج λ در دوره T طی می شود، داریم:

$$v = \frac{L}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$ **تندی انتشار موج**

تندی انتشار موج به جنس و ویژگی های محیط انتشار بستگی دارد و به چشمه موج بستگی ندارد.

مثال1:

امواج دایره ای تشکیل شده بر سطح آب تشت موج شکل زیر را در نظر بگیرید. آزمایش نشان داده است اگر گوی متحرک با دوره تناوب 1s در تشتی به عمق 2.5cm نوسان کند، فاصله بین دو برآمدگی مجاور 50cm و اگر در تشتی به عمق 3.5cm نوسان کند، این فاصله 60cm می شود. تندی انتشار موج سطحی در این تشت در هر حالت چقدر است؟ از این محاسبه چه نتیجه ای می گیرید؟



پاسخ: فاصله دوبرآمدگی مجاور، طوب موج است و همان طور که پیش تر گفتیم دوره تناوب موج برابر با دوره تناوب نوسان های چشمه موج است. تندی انتشار موج را با استفاده از رابطه زیر به دست می آوریم:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

با قرار دادن λ_2=0.50 m و T=1.0s در رابطه خواهیم داشت:

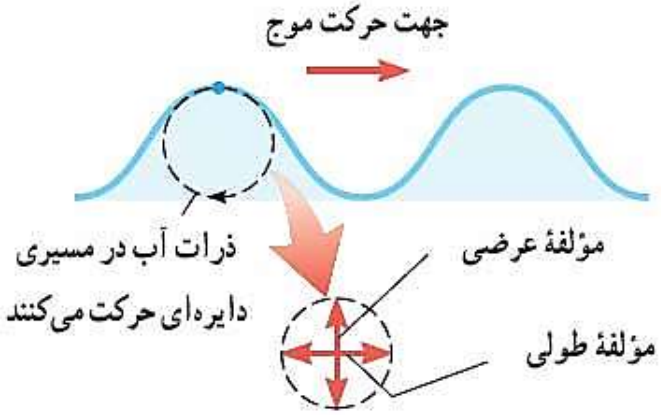
$$v_1 = \frac{\lambda_1}{T} = \frac{0.50m}{1.0s} = 0.50\frac{m}{s}$$

و با قرار دادن λ_2=0.60 m و T=1.0s در رابطه خواهیم داشت:

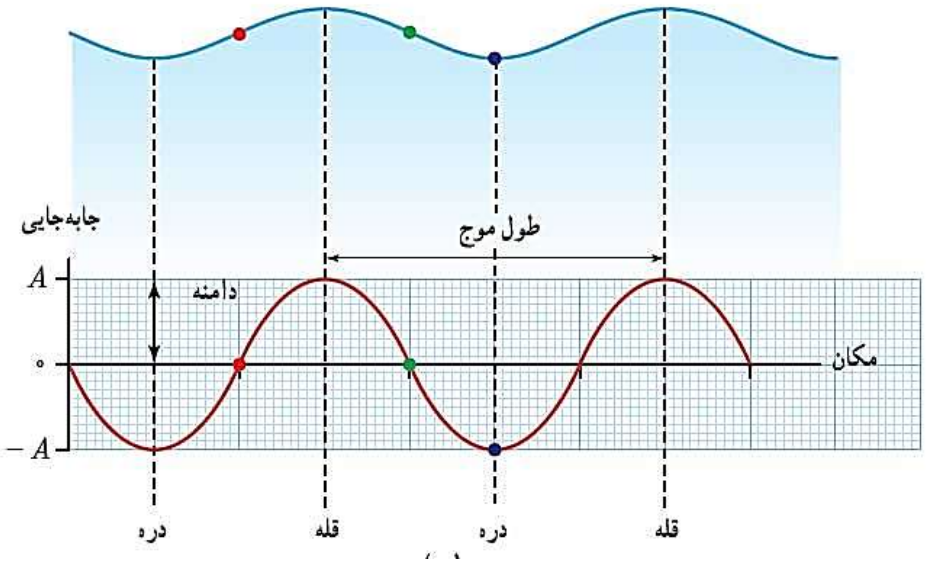
$$v_2 = \frac{\lambda_2}{T} = \frac{0.60m}{1.0s} = 0.60\frac{m}{s}$$

از اینجا می فهمیم که تندی انتشار موج سطحی روی آب های کم عمق، به عمق آب که یکی از ویژگی های محیط است، بستگی دارد.

توجه داشته باشید که موج روی سطح آب نه موج عرضی است و نه طولی . چون ذرات آب به صورت دایره ای حرکت می کنند (شکل زیر) و نمی توان گفت بر راستای انتشار عمود هستند یا هم راستا.

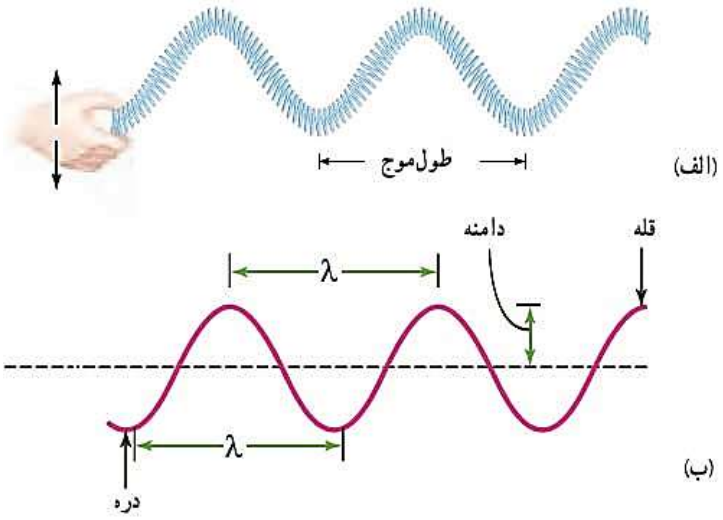


با اینحال می توان با تماشای این زاویه از موج روی آب (شکل زیر)، در حالت آرمانی آن را موج عرضی فرض کرد.

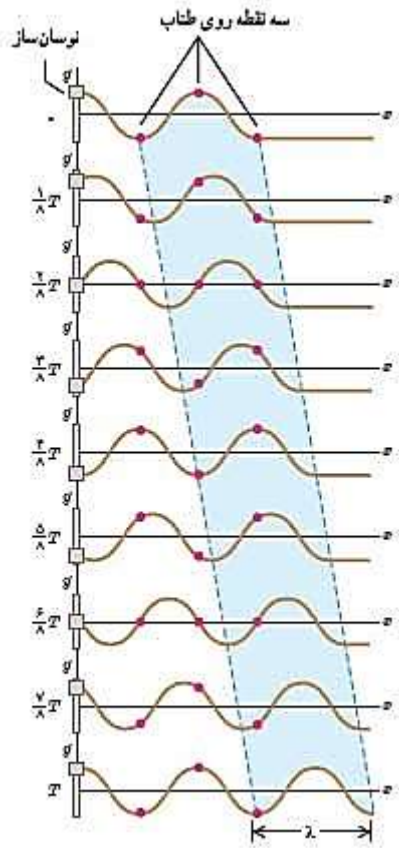


موج عرضی و مشخصه های آن

اگر یک سر فنر بلند کشیده شده ای را با حرکت هماهنگ ساده، پیاپی به بالا و پایین حرکت دهید، موج عرضی پیوسته ای در طول فنر منتشر می شود. در هر لحظه از زمان انتشار موج را می توان با شکل موج سینوسی مدل سازی کرد. در شکل دامنه و طول موج نشان داده شده است.



طول موج را می توان فاصله بین دو قله متوالی یا فاصله بین دو دره متوالی در نظر گرفت. البته می توان فاصله هر دو نقطه هم شکل متوالی را نیز طول موج در نظر گرفت.



شکل زیر نقش یک موج عرضی را در چند لحظه متفاوت در مدت یک دوره تناوب T نشان می دهد. در این مدت، هر ذره از محیط یک نوسان کامل انجام داده است و موج به اندازه یک طول موج (λ) پیشروی کرده است. دقت داشته باشید هر نقطه قرمز رنگ (ذره محیط) فقط در جای خود نوسان می کند و حرکت رو به جلو ندارد. در موج ذرات محیط جابجا نمی شوند بلکه فقط سر جای خود نوسان می کنند. مانند موج مکزیکی ایجاد شده توسط تماشاگران در ورزشگاه که هر شخص در جای خود ، فقط می ایستد و می نشیند. در این شکل یک تب در قسمت آبی رنگ مشاهده می شود که در طول زمان به سمت جلو حرکت می کند.

تندی انتشار موج عرضی در طناب (تار) یا فنر

تندی انتشار موج به جنس و ویژگی های محیط انتشار بستگی دارد. به عنوان مثال تندی انتشار موج عرضی در یک فنر، تار یا ریسمان کشیده به نیروی کشش (F) و چگالی خطی جرم (μ=m/L) بستگی دارد و از رابطه زیر به دست می آید:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

مثال 2 :

فنری به جرم 0.60kg و طول 4.0m را با نیروی 1.2N می کشیم. الف) تندی انتشار موج در این فنر چقدر است؟ ب) سر آزاد فنر را با چه بسامدی تکان دهیم تا طول موج ایجاد شده در فنر 1.0m شود؟

پاسخ:

الف) برای به دست آوردن تندی انتشار موج از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0.6}{4} = 0.15\frac{kg}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{1.2}{0.15}} = 2.8\frac{m}{s}$$

ب) برای به دست آوردن بسامد از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2.8\ m/s}{1m} = 2.8\ Hz$$

مثال 3 :

در سازهای زهی همانند تار، کمانچه و گیتار با سفت و شل کردن تار، تندی انتشار موج عرضی در تار تغییر می کند. در یک گیتار طول هر تار بین دو انتهای ثابت 0.628 است. برای نواختن بالاترین بسامد، جرم تار 0.208g و برای نواختن پایین ترین بسامد، جرم تار 3.22g است. تارها تحت کششی برابر 226N قرار دارند. تندی انتشار موج برای ایجاد این دو بسامد چقدر است؟

پاسخ:

ابتدا باید چگالی خطی تار را به دست می آوریم:

$$\mu_1 = \frac{m}{L} = \frac{0.208 \times 10^{-3}}{0.628m} = 3.3 \times 10^{-4}$$

$$\mu_2 = \frac{m_2}{L} = \frac{3.22 \times 10^{-3}}{0.628m} = 5.2 \times 10^{-3}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{F}{\mu_1}} = \sqrt{\frac{226N}{3.3 \times 10^{-4}}} = 826.04\ m/s$$

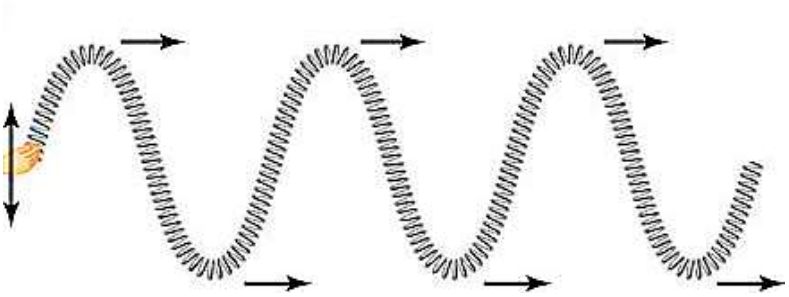
$$v_2 = \sqrt{\frac{F}{\mu_2}} = \sqrt{\frac{226N}{5.2 \times 10^{-3}}} = 206.75\ m/s$$

می توان براحتی برای تندی انتشار موج زوابط زیر را اثبات کرد و از آن ها استفاده کرد.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{l}}} = \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{F}{\rho \pi r^2}}$$

در رابطه بالا ρ چگالی طناب و A سطح مقطع طناب است که اگر به شکل دایره باشد r شعاع سطح مقطع طناب است.

انتقال انرژی در موج عرضی

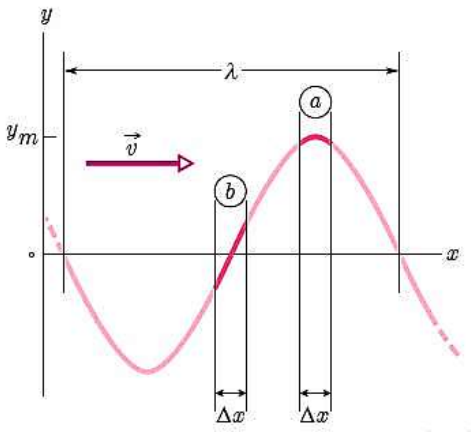


هر موجی حامل انرژی است. وقتی سر یک ریسمان یا فنر کشیده را به نوسان در می آوریم ، در واقع انرژی ای ایجاد کرده ایم که موج آن را به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل انتقال می دهد. ثابت می شود مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) در یک موج سینوسی برای همه امواج مکانیکی با مربع دامنه (A^2) و مربع بسامد (f^2)موج متناسب است.

$$P_{av} = 2\pi^2 \mu v f^2 A^2$$

$$P_{av} \propto A^2 f^2$$

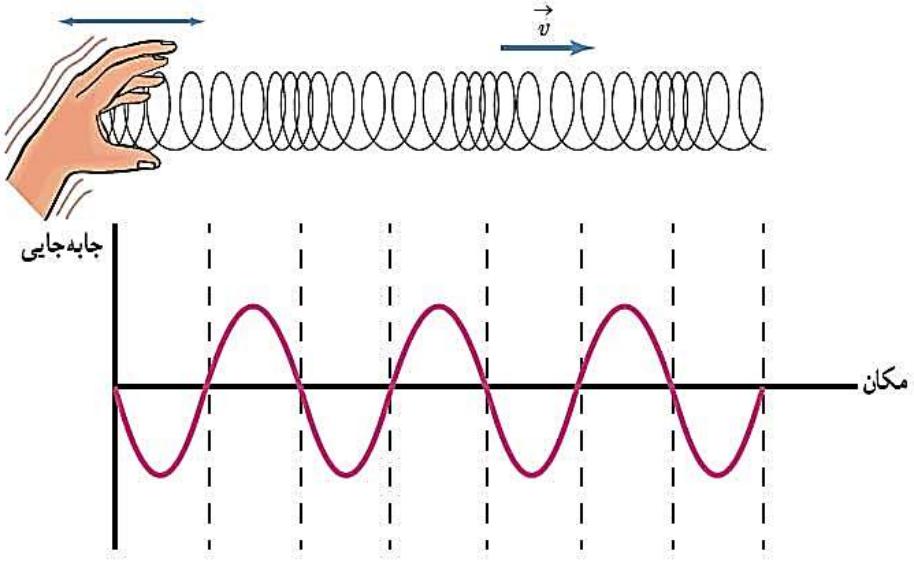
اگر در یک ریسمان کشیده شده موج عرضی ایجاد شود ، در قله یا دره ، سرعت عرضی (سرعت ذره در راستای عمود بر راستای انتشار) و در نتیجه انرژی جنبشی صفر است. هم چنین در این مکان چون بخشی از ریسمان که در شکل زیر مشاهده می کنید، طول عادی خود را دارد، انرژی پتانسیل کشسانی صفر است. در نقطه تعادل بیشینه سرعت عرضی و در نتیجه بیشینه انرژی جنبشی را خواهیم داشت و همچنین ریسمان بیشترین کشیدگی را در آن نقطه خواهد داشت پس انرژی پتانسیل کشسانی نیز بیشینه خواهد بود. نیروهای ناشی از کشش ریسمان دائما انرژی را از ناحیه های دارای انرژی به ناحیه های بدون انرژی منتقل می کنند و اینگونه انرژی در ریسمان منتقل می شود.



موج الکترومغناطیسی موجی است عرضی که در یک مطلب دیگر به صورت مفصل به آن می پردازیم.

موج طولی و مشخصه های آن

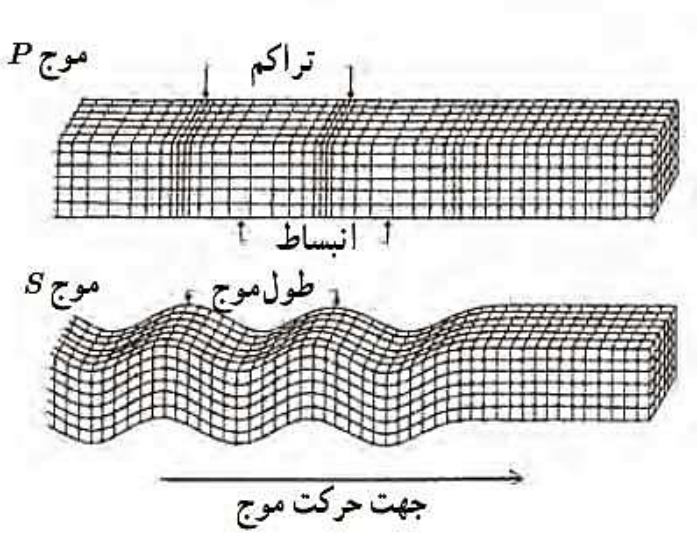
در انتشار موج طولی در یک فنر بلند کشیده شده، ناحیه های جمع شدگی و باز شدگی به طور متناوب در طول فنر ظاهر می شوند. در یک لحظه از زمان، در مکان هایی که بیشترین جمع شدگی یا باز شدگی حلقه ها رخ می دهد، جابجایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل صفر است. در وسط فاصله بین یک جمع شدگی بیشینه و یک باز شدگی بیشینه مجاور هم، اندازه جابجایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل، بیشینه است. به این ترتیب نمودار جابجایی-مکان را رسم کرد. با استفاده از چنین نموداری، برای یک موج طولی نیز می توانیم همان مشخصه های موج عرضی را تعریف می کنیم. مثلا طول موج برابر با فاصله بین دو تراکم (یا جمع شدگی) یا دو انبساط (یا باز شدگی فنر)متوالی است. همچنین دامنه موج طولی برابر با بیشینه جابجایی از مکان تعادل است.



در اینجا نیز مانند موج عرضی هر جزء از فنر در مدت یک دوره (T) یک نوسان کامل انجام می دهد. در این مدت موج به اندازه یک طول موج (λ) پیشروی می کند. بنابر این تندی انتشار موج طولی مانند موج عرضی است. ($v=\lambda/T$) البته این به این معنا نیست که در یک جسم تندی انتشار هر دو نوع موج برابر است. برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

مثال5:

امواج لرزه ای موج های مکانیکی هستند که از لایه های زمین عبور می کنند. یکی از منشاءهای مهم امواج لرزه ای، زمین لرزه ها هستند. دو نوع از امواج لرزه ای ، امواج اولیه P و امواج ثانویه S هستند. امواج P ، امواجی طولی و امواج S امواجی عرضی هستند. معمولا تندی موج های P در حدود 8.0km/s و تندی موج های S در حدود 4.5km/s است. یک دستگاه لرزه نگار موج های P و S حاصل از یک زمین لرزه را ثبت می کند. فرض کنید نخستین امواج P ، 3.0 دقیقه پیش از نخستین امواج S دریافت شوند. اگر این موج ها روی خط راستی حرکت کنند، زمین لرزه در چه فاصله ای از محل لرزه نگار رخ داده است؟



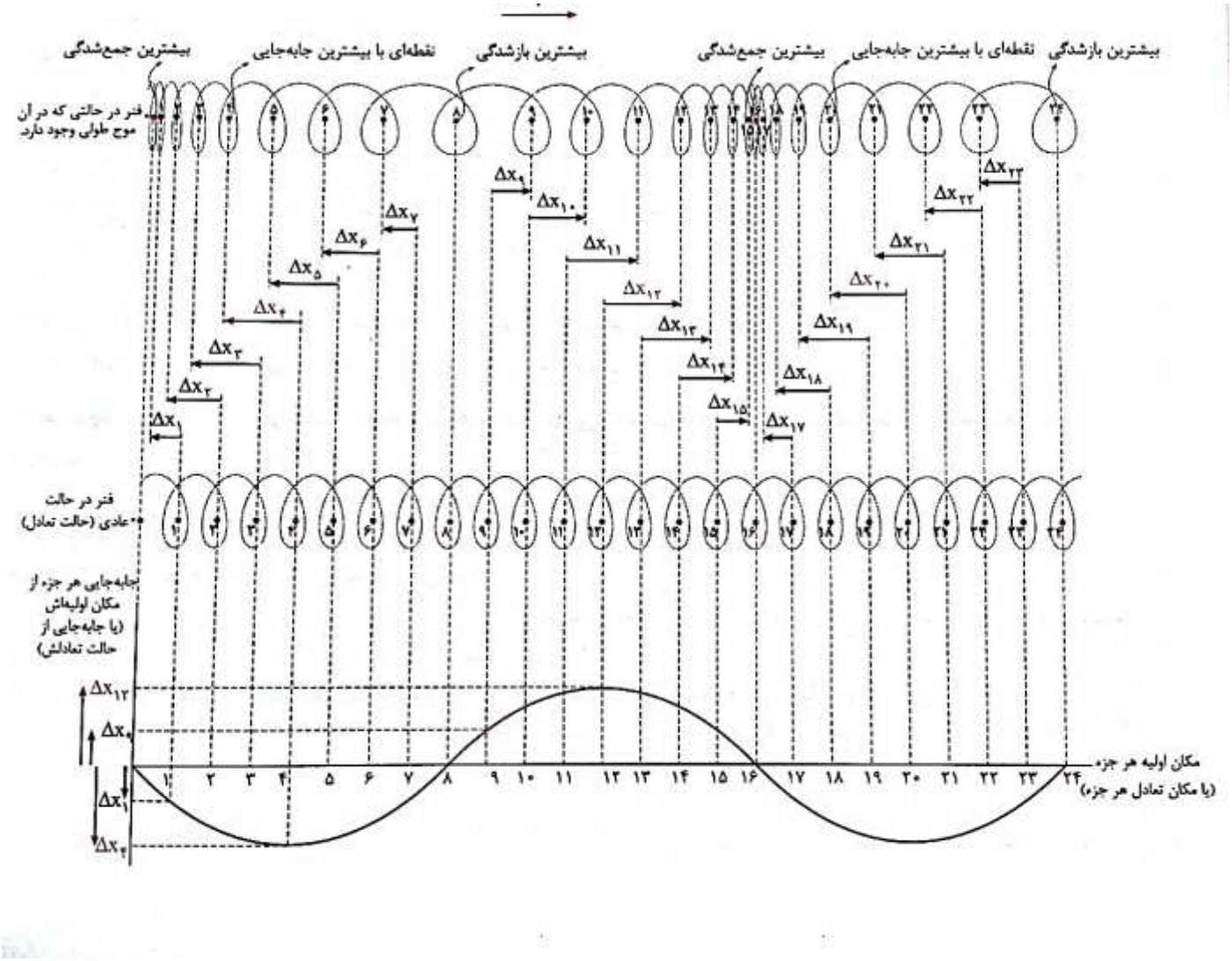
پاسخ: اگر تندی موج S را با v_S و تندی موج P را با v_P نشان دهیم، اختلاف زمان رسیدن این دو موج را حساب می کنیم:

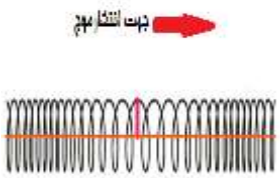
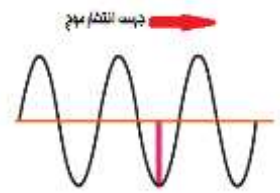
$$\Delta t = t_s - t_P = \frac{\Delta x}{v_s} - \frac{\Delta x}{v_P} = \frac{(v_P - v_s)\Delta x}{v_s v_P}$$

$$\rightarrow \Delta x = \frac{v_s v_P}{(v_P - v_s)}\Delta t$$

$$\Delta x = \frac{\left(4.5\frac{km}{s}\right)\left(8.0\frac{km}{s}\right)}{\left(8.0\frac{km}{s}\right) - \left(4.5\frac{km}{s}\right)} \times (3 \times 60s) = 1.9 \times 10^3 km$$

در تصویر زیر می توانید فاصله بین حلقه های مختلف فنر یا حالت عادی فنر را در موج طولی ایجاد شده در آن را با هم مقایسه کنید. و نمودار موج را بر اساس آن رسم کنید.



نوع موج	جهت جابجایی هر جزء نوسان کننده	سرعت	طول موج	دامنه	آهنگ انتقال انرژی
امواج طولی	موازی با جهت حرکت موج 	$v=\lambda/T$ البته سرعت در محیط جامد سریع تر از امواج عرضی است.	فاصله بین دو تراکم (یا جمع شدگی) یا دو انبساط (یا باز شدگی فنر)متوالی است	بیشینه جابجایی از مکان تعادل	
امواج عرضی	عمود بر جهت حرکت موج 	سرعت موج به صورت زیر است: $v=\lambda/T$ اما سرعت ذره نوسان کننده به صورت سینوسی نوسان می کند.	فاصله بین دو قله یا دو قعر متوالی است	فاصله قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.	مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) در یک موج سینوسی برای همه امواج مکانیکی با مربع دامنه (A^2) و مربع بسامد (f^2) موج متناسب است.

تمرین ها

تمرین 1 : یک نوسان ساز موج هایی دوره ای در یک ریسمان کشیده ایجاد می کند.

الف) با افزایش بسامد نوسان ساز کدام یک از کمیت های زیر تغییر نمیکند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج موج

ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت های زیر چه تغییری می کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج

پاسخ:

الف) با افزایش بسامد نوسان ساز، تندی موج تغییر نمی کند چون تندی موج فقط به ویژگی های محیط مثل چگالی جرمی، دما و جنس محیط بستگی دارد و به شرایط چشمه موج مثل بسامد و دامنه نوسان بستگی ندارد.

ب) کشش ریسمان در تندی موج تاثیر دارد. برای تندی موج رابطه زیر را داریم:

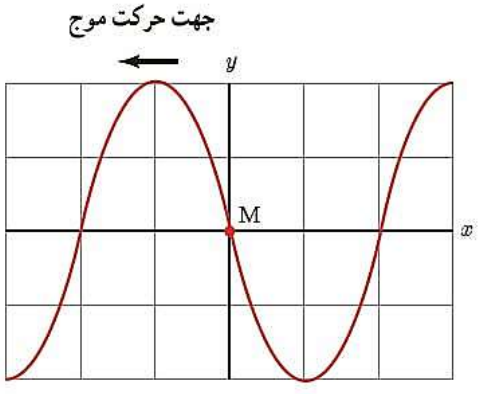
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

بنابر این با افزایش نیروی کشش، سرعت افزایش می یابد. بسامد موج از ویژگی های چشمه موج است و با تغییر کشش ریسمان تغییر نمی کند. بسامد با رابطه زیر به سرعت و طول موج مرتبط می شود.

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

بنابر این اگر سرعت افزایش یابد، در صورتی که بسامد ثابت باشد، طول موج افزایش می یابد.

تمرین 2: شکل زیر یک تصویر لحظه ای از موج عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می دهد. موج به سمت چپ حرکت می کند.



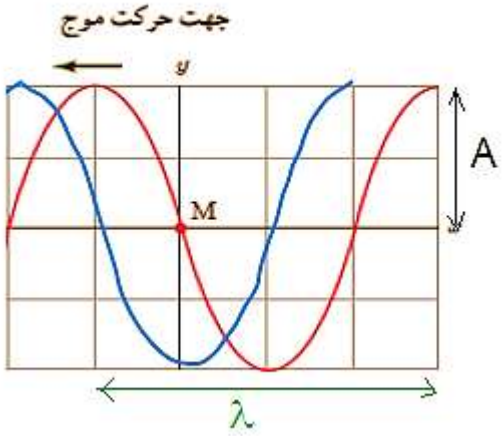
الف) با رسم این موج در زمان T/4 بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج دامنه و طول موج را نشان دهید.

ب) اگر طول موج 5cm و سرعت موج 10cm/s است، بسامد موج را به دست آورید.

پ)تعیین کنید موج در مدت T/4 چه مسافتی را طی می کند؟

پاسخ :

الف) چون جهت حرکت موج به سمت چپ بوده است، پس از زمان T/4 ، نمودار به شکل نمودار آبی رنگ در شکل زیر در می آید و نقطه M در پایین ترین نقطه قرار می گیرد. طول موج و دامنه در شکل نشان داده شده است.



ب)بسامد موج از رابطه زیر به دست می آید:

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow 5cm = \frac{10cm/s}{f} \rightarrow f = 2Hz$$

پ) می دانیم رابطه دوره تناوب به صورت زیر است

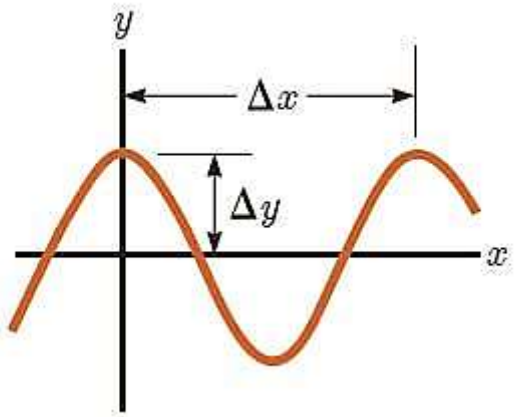
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2}s$$

حال می توانیم مقدار جابجایی را به دست آوریم:

$$\Delta x = v\Delta t = 10 \times 10^{-2}\frac{m}{s} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2}s = \frac{1}{80}m$$

$$\Delta x = \frac{1}{80}m \times \frac{100cm}{1m} = 1.25cm$$

تمرین 3: در نمودار جابجایی-مکان موج عرضی شکل زیر $\Delta x=40cm$ و $\Delta y=15cm$ است. اگر بسامد نوسان های چشمه 8Hz باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟



پاسخ :

مطابق شکل بالا Δy دامنه موج و Δx طول موج است. بنابر این:

$$\Delta x = \lambda = 40\ cm$$

$$\Delta y = A = 15\ cm$$

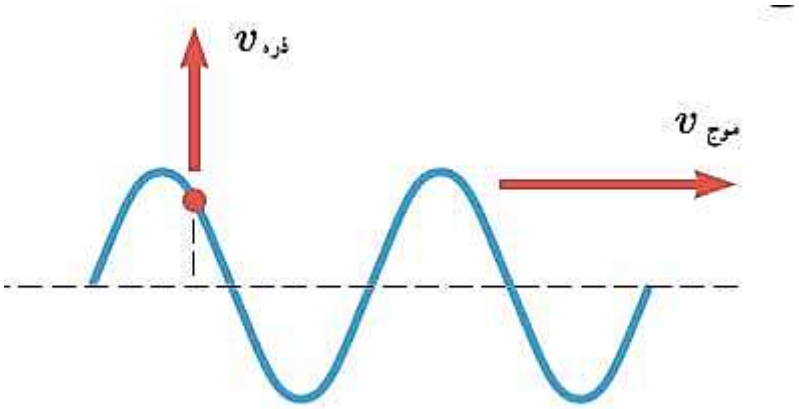
$$f = \frac{v}{\lambda} = 8Hz$$

$$v = \lambda \times f = 0.4 \times 8 = 3.2m/s$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{8} = 0.125s$$

تمرین 4:

شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می دهد که با تندی $v_{موج}$ به سمت راست حرکت می کند، در حالی که تندی ذره نشان داده شده ریسمان $v_{ذره}$ است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید.



پاسخ :

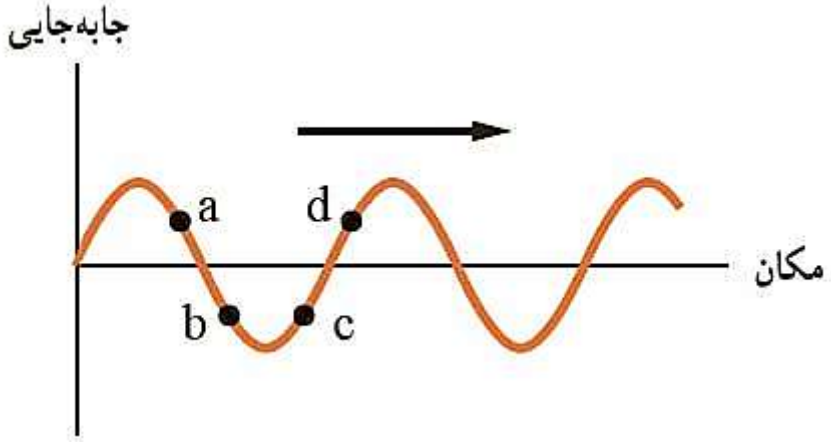
وقتی موجی منتشر می شود دو نوع سرعت داریم. یکی سرعت موج که به ویژگی های محیط بستگی دارد و در زمان انتشار در صورتی که محیط همگن باشد و ویژگی های محیط در همه جا ثابت باشد، سرعت انتشار ثابت است. ولی سرعت ذره در زمان انتشار، تغییر می کند و از رابطه سرعت حرکت هماهنگ ساده، پیروی می کند. در موج عرضی سرعت بالا و پایین رفتن هر ذره را سرعت ذره گویند.

$$v_{\text{موج}} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$v_{\text{ذره}} = A\omega\cos(\omega t)$$

تمرین 5:

شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه ای از زمان نشان می دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده ای حرکت می کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده اند. در این لحظه هر یک از این چهار جزء بالا می روند یا پایین؟



پاسخ:

وقتی موج به سمت راست حرکت می کند، قله ای که قبل از نقطه a,b قرار داشته است حرکت می کند و جلوتر می آید بنابر این نقاط a,b به سمت بالا حرکت می کنند اما در مورد نقاط c, d چون قبل از آنها یک قعر وجود داشته است، این قعر به سمت راست حرکت می کند پس نقاط c,d هم به سمت پایین حرکت می کنند.

تمرین 6 :

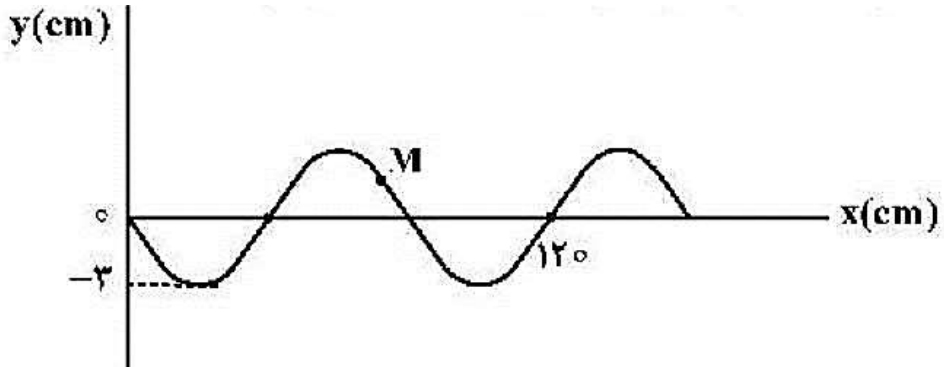
سیمی با چگالی $7.80g/cm^3$ و سطح مقطع $0.50mm^2$ بین دو نقطه با نیروی 156N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.

پاسخ:

رابطه سرعت موج به صورت زیر است:

$$v_{\text{موج}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{156}{7.8 \times 10^{+3} \times 0.5 \times 10^{-6}}} = 200\frac{m}{s}$$

تمرین 7 : شکل زیر ، نقش یک موج عرضی را در یک طناب در لحظه t=0 نشان می دهد که با سرعت 10 متر بر ثانیه در حال انتشار است. مسافتی که ذره M در بازه زمانی $t_1=0.01s$ تا $t_2=0.05s$ طی می کند، چند سانتی متر است؟



پاسخ :

می دانیم که فاصله x=0 تا x=120cm بر حسب λ برابر است با 3λ/2 .

$$\frac{3\lambda}{2} = 120cm \quad \rightarrow \lambda = 80cm = 0.8\,m$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{10}{0.8} = \frac{100}{8}\,Hz$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{8}{100}\,s$$

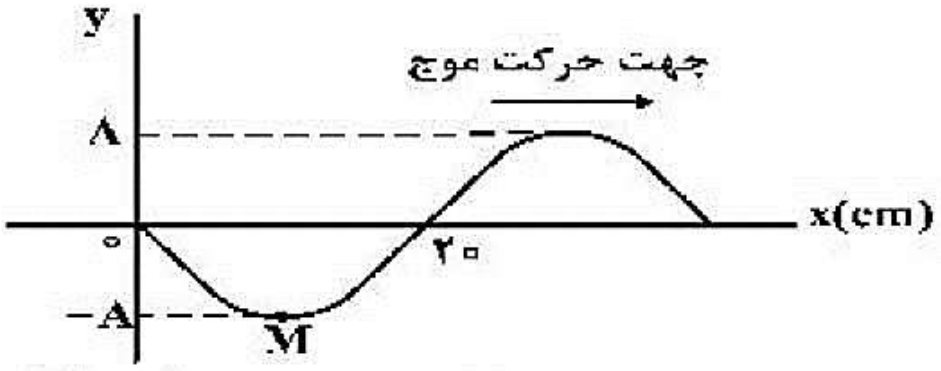
براحتی می توان اختلاف زمان را بر حسب T نوشت.

$$\Delta t = 0.05 - 0.01 = 0.04\ s$$

$$\Delta t = \frac{T}{2} = 0.04\ s$$

در حرکت هماهنگ ساده (حرکت ذره m) در مدت زمان T/2 ذره مسافت 2A را طی خواهد کرد. یعنی مسافت طی شده توسط ذره m در این مدت 6 سانتی متر است.

تمرین 8: شکل زیر، تصویری از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده را در لحظه t=0 نشان می دهد. اگر سرعت انتشار موج 2 متر بر ثانیه باشد. در بازه زمانی t_1=0.25s تا t_2=0.35s حرکت ذره M چگونه است؟ (بر اساس تندشونده و کند شونده بیان کنید .)



پاسخ :

می دانیم که فاصله x=0 تا x=20cm بر حسب λ برابر است با λ/2 .

$$\frac{\lambda}{2} = 20\ cm \rightarrow \lambda = 40\ cm = 0.4\ m$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2}{0.4} = 5\ Hz$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5}\ s = 0.2\ s \rightarrow \frac{T}{4} = 0.05\ s$$

$$t_1 = 0.25\ s = 5 \times 0.05 = \frac{5T}{4}$$

$$t_2 = 0.35\ s = 7 \times 0.05 = \frac{7T}{4}$$

چون ذره M در لحظه t=0 در مکان y=-A قرار دارد بنابراین در لحظه t_1 در مکان y=0 و حرکت به سمت بالا و در لحظه t_2 در مکان y=0 و حرکت به سمت پایین است. یعنی در این بازه ابتدا حرکت کند شونده و سپس تند شونده است.

Website: https://physicfa.ir

Telegram: https://t.me/physicfa

Aparat: https://aparat.com/physicfa